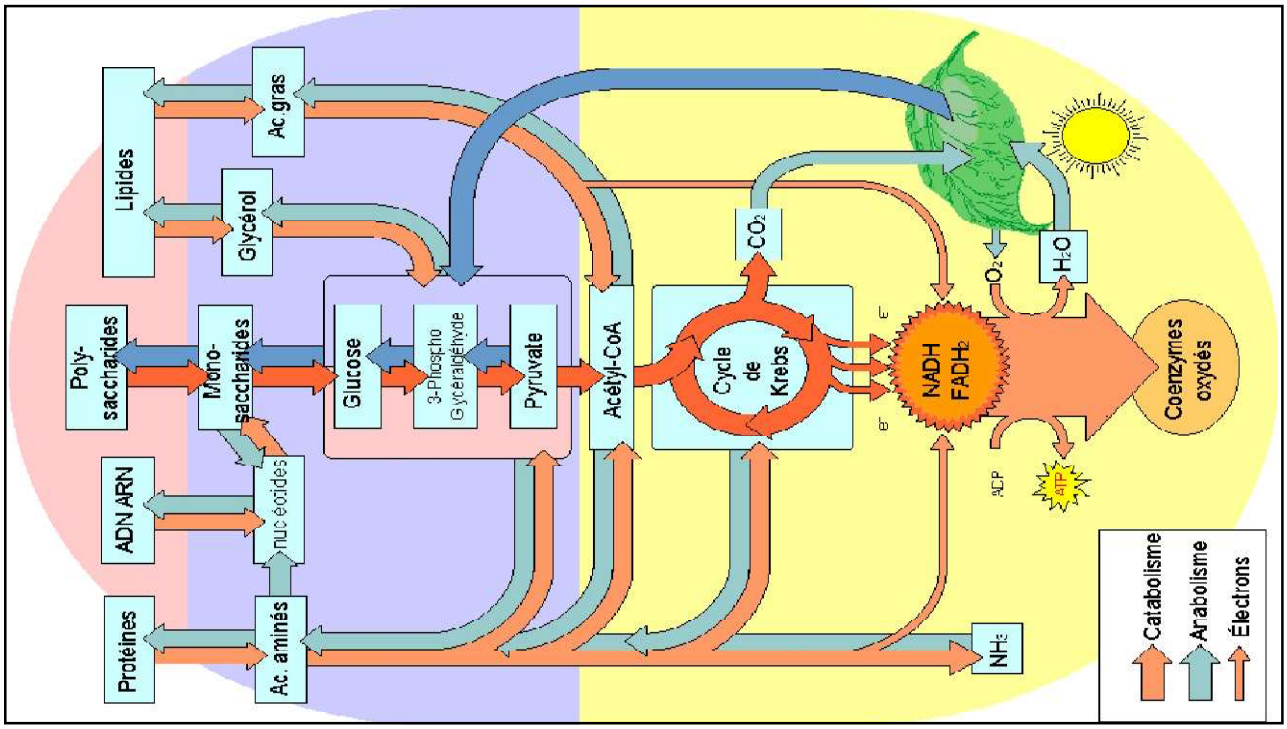
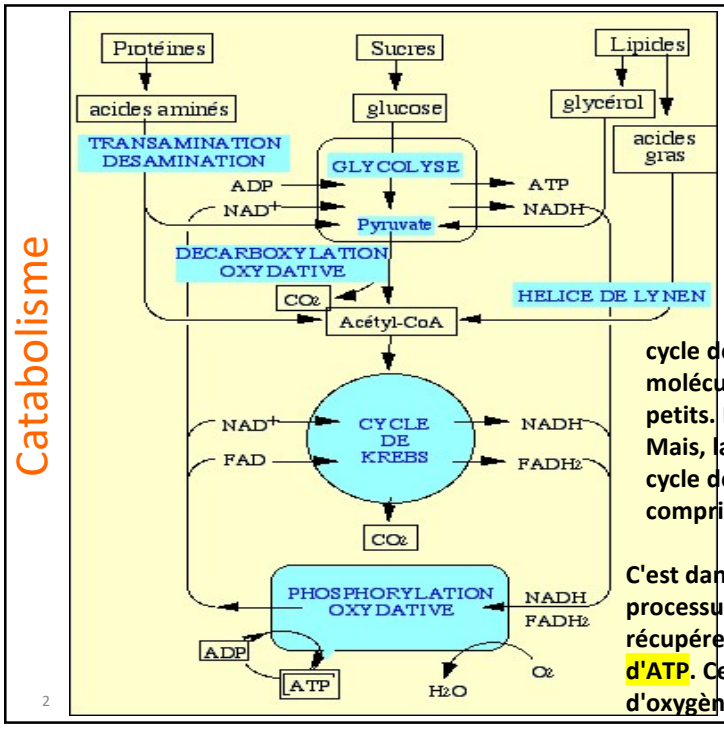


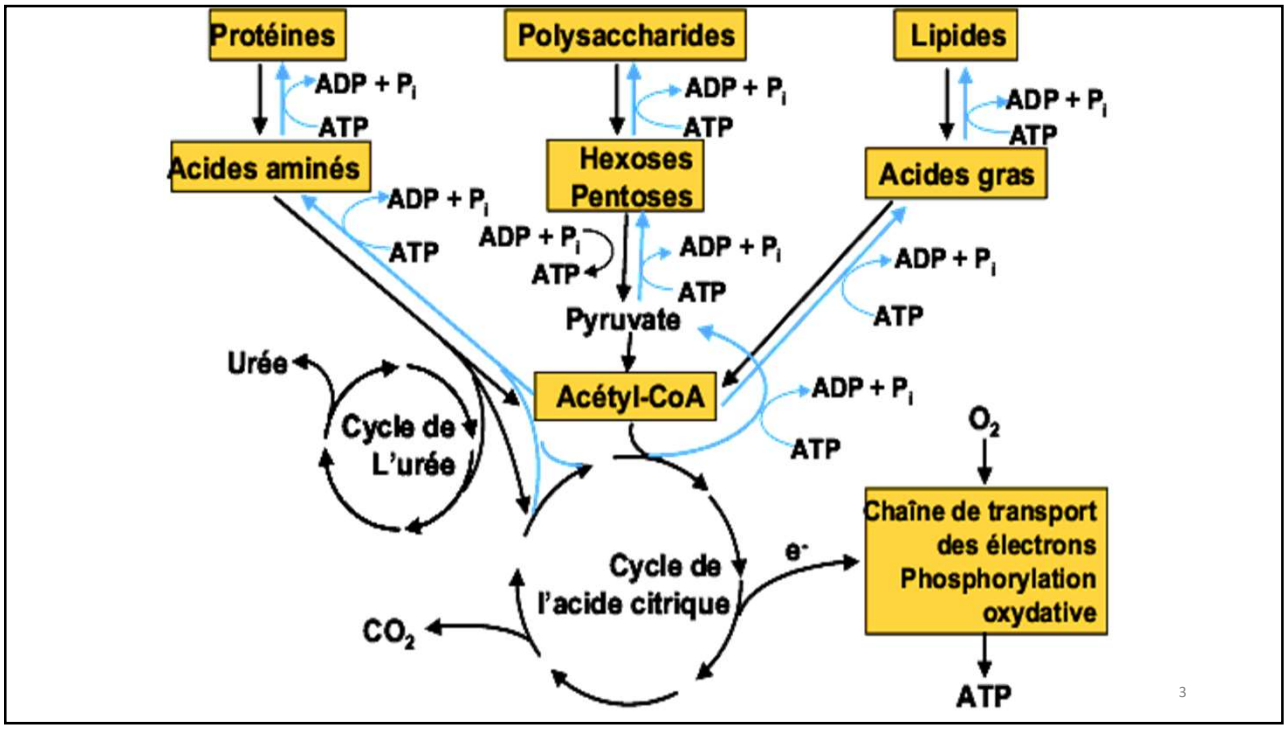


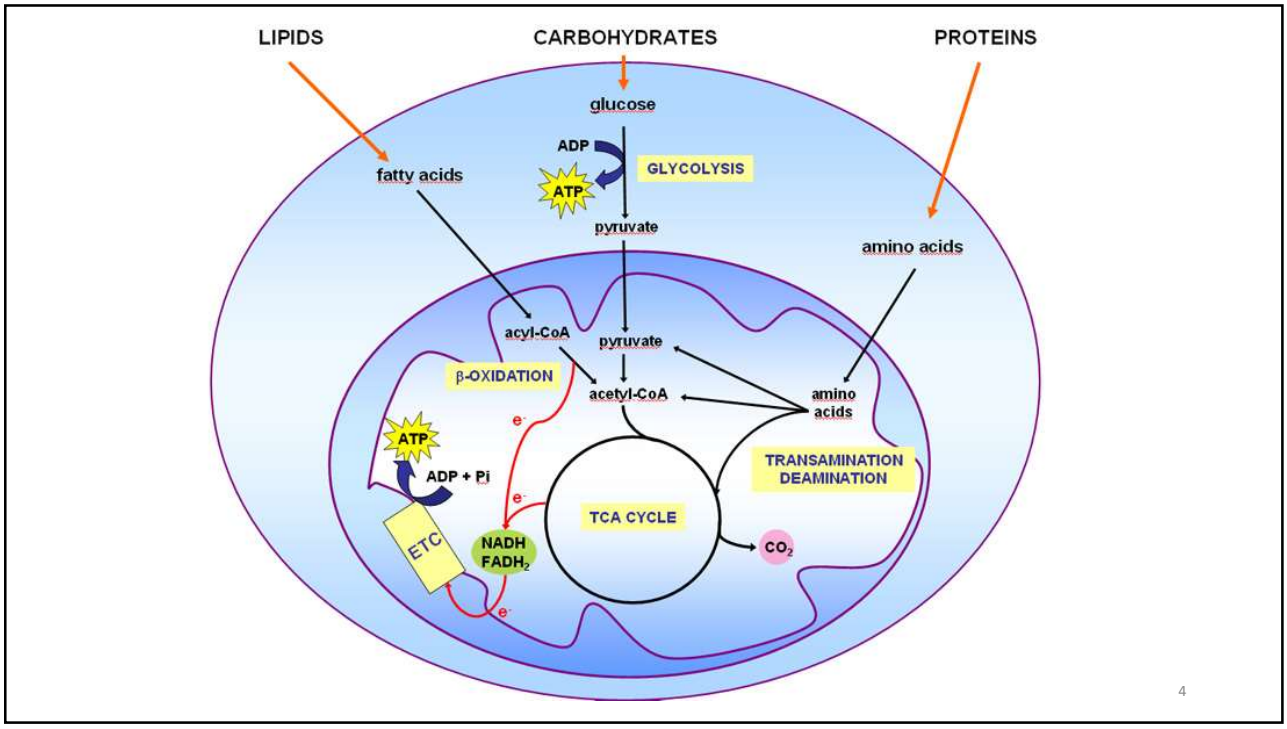
la **respiration cellulaire** n'est autre qu'une **cascade de réactions d'oxydoréduction**, des réactions de transfert d'électrons d'une molécule à une autre.

Les électron provenant des sucres et d'autres matières organiques

cycle de Krebs produit du CO2 en décomposant les molécules de pyruvate en morceaux de plus en plus petits. Il produit également une petite quantité d'ATP. Mais, la majeure partie de l'énergie extraite dans le cycle de Krebs est déposée dans des porteurs d'électrons compris NADH et FADH2.

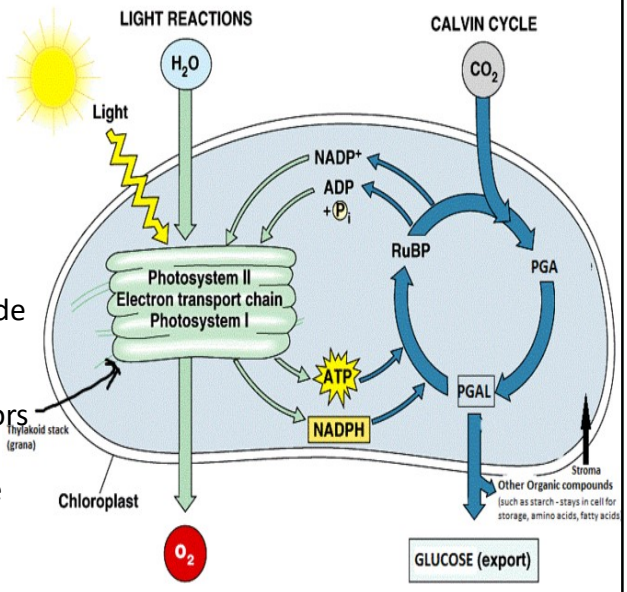
C'est dans la chaîne respiratoire mitochondriale qu'un processus d'oxydation phosphorylante permet de récupérer une grande partie de l'énergie pour la synthèse d'ATP. Ce processus entraîne une consommation d'oxygène et une production de CO2.


Protéines
Polysaccharides
Lipides
ADP + Pi
ATP
Acides aminés
Hexoses
Pentoses
Acides gras
Pyruvate
Urée
Cycle de
L'urée
Acétyl-CoA
O2
Chaîne de transport
des électrons
Phosphorylation
oxydative
e-
Cycle de
l'acide citrique
CO2
ATP
3


LIPIDS
CARBOHYDRATES
PROTEINS
glucose
ADP
ATP
GLYCOLYSIS
fatty acids
pyruvate
amino acids
acyl-CoA
pyruvate
β-OXIDATION
acetyl-CoA
amino
acids
e-
ATP
ADP + Pi
TRANSAMINATION
DEAMINATION
TCA CYCLE
ETC
NADH
FADH2
CO2
4

Photosynthèse

- La photosynthèse est un processus de capture d'énergie que l'on trouve dans les plantes et d'autres organismes pour récolter l'énergie lumineuse et la convertir en énergie chimique.
- Cette énergie photochimique est finalement stockée dans des glucides qui sont fabriqués à partir d'ATP (issu de la récupération d'énergie), de dioxyde de carbone et d'eau.
- Dans la plupart des cas, un sous-produit du processus est l'oxygène, qui est libéré de l'eau lors du processus de capture.
- La photosynthèse est responsable de la majeure partie de l'oxygène dans l'atmosphère et elle fournit les matières organiques et la majeure partie de l'énergie utilisée par la vie sur Terre.



5

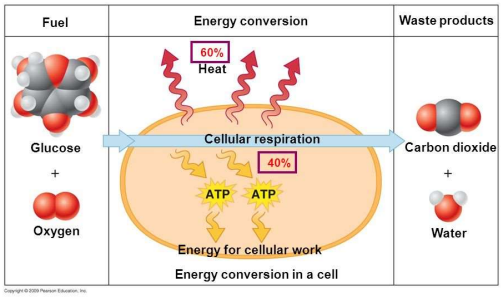
- **1- Respiration**

Catabolisme de sucres

- -**aérobie**:
- s'il y a de **l'oxygène**, les **produits** de la **glycolyse** entrent dans le processus de respiration aérobie. Les molécules de pyruvate quittent le cytoplasme et pénètrent dans les mitochondries d'une cellule pour commencer le cycle de Krebs. Ce cycle crée une petite quantité d'ATP et produit beaucoup plus de porteurs d'électrons remplis. Ces porteurs d'électrons, ainsi que ceux créés lors de la glycolyse, entrent ensuite dans la chaîne de transport d'électrons pour alimenter le processus de phosphorylation oxydative. Ce processus produit beaucoup plus d'ATP que n'importe lequel des processus précédents, permettant aux cellules d'extraire le maximum d'énergie d'une seule molécule de glucose.
- Les électron provenant des sucres et d'autres matières organiques sont donnés à de l' O_2 moléculaire.
- anaérobie:
- Les électron provenant des sucres et d'autres matière organique, sont donné à un accepteur inorganique (autres que l' O_2)

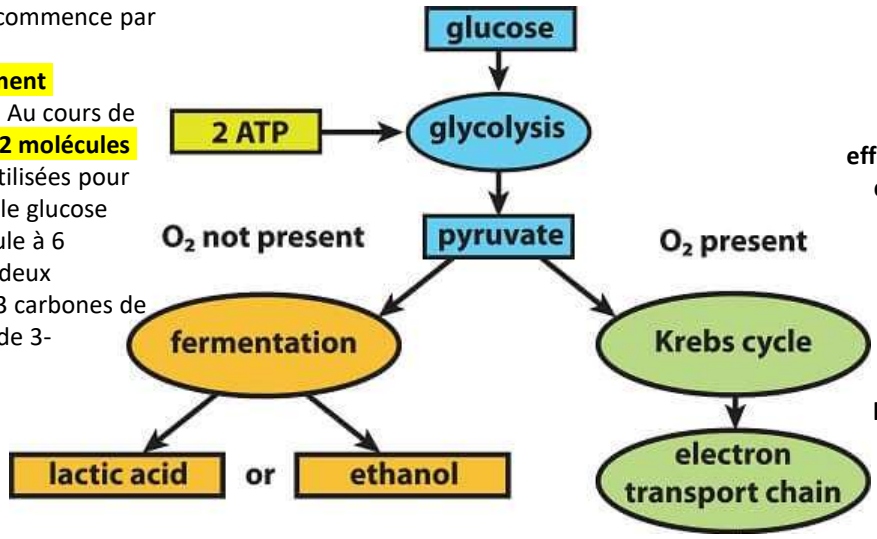
- **2- Fermentation**

- Les électron provenant des sucres et d'autres matière organique, sont donné à un accepteur organique.



Catabolisme

La glycolyse commence par une **phase d'investissement énergétique**. Au cours de cette phase, **2 molécules d'ATP** sont utilisées pour décomposer le glucose d'une molécule à 6 carbones en deux molécules à 3 carbones de glycéraldéhyde 3-phosphate.



S'il y a de l'oxygène présent, les cellules effectueront le processus de respiration aérobie. Ce processus envoie le pyruvate à travers le cycle de Krebs, qui alimente la chaîne de transport d'électrons [CTE] pour produire beaucoup et beaucoup d'ATP.

7

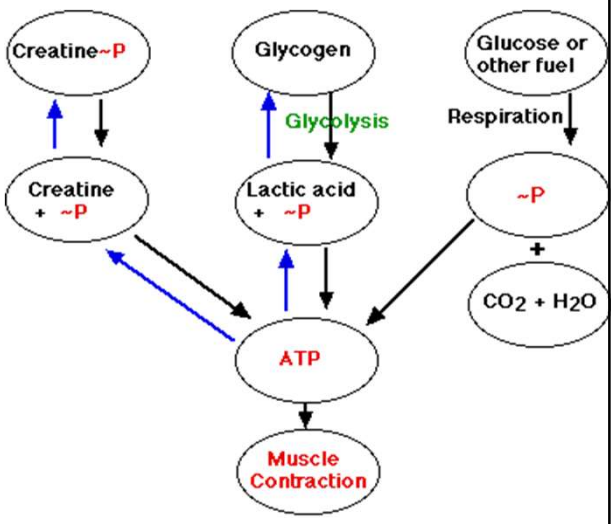
S'il n'y a pas d'oxygène, les cellules effectuent une fermentation. La fermentation ne produit pas d'ATP elle-même, bien qu'elle recycle certaines des molécules porteuses d'électrons utilisées dans la glycolyse. Le processus de glycolyse ajoute des électrons et des atomes d'hydrogène à ces molécules, et la fermentation utilise ces molécules pour créer des molécules comme l'éthanol ou l'acide lactique. Cela permet aux molécules porteuses d'électrons de retourner au processus de glycolyse, garantissant que la cellule peut encore produire une petite quantité d'ATP.

Les carburants du muscle

L'énergie mécanique de la contraction musculaire provient directement de l'énergie chimique stockée dans une molécule biologique : ***l'ATP***.

Pendant l'activité musculaire, la régénération de l'ATP se fait suivant 3 voies :

1. ***par interaction de l'ADP avec la créatine phosphate***
   - ***L'ADP se couple alors à la créatine phosphate (créatine kinase), composé à haute énergie emmagasiné dans les muscles. Il en résulte un transfert presque instantané d'énergie et la formation d'une molécule d'ATP.***
2. ***par fermentation laxtique***
3. ***par respiration cellulaire aérobie***



8

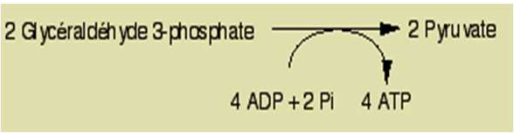
méthodes de génération d'ATP
La synthèse de l'ATP

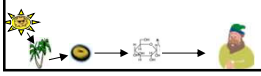
- 1- **Phosphorylation au niveau de substrat** [glycolyse et cycle de Krebs] :

❑ADP → ATP

❑La phosphorylation désigne le transfert du groupe phosphate d'un composé à un autre. Généralement, le terme «phosphorylation» est utilisé pour décrire la formation de l'ATP.

❑La phosphorylation au niveau du substrat est une phosphorylation directe de l'ADP avec un groupe phosphate en utilisant l'énergie obtenue d'une réaction couplée.





- 2- Phosphorylation oxydative (le transport des électrons):
- le processus permettant la synthèse d' ATP à partir de
- l' énergie libérée lors du transport des électrons du NADH à oxygène.
- La chaîne de transport d'électrons commence lorsque les porteurs d'électrons créés dans le cycle de Krebs sont séparés des atomes d'hydrogène et des électrons qu'ils transportent. Ces électrons circulent ensuite à travers une série de protéines membranaires intégrales sur la membrane mitochondriale interne. Ces protéines utilisent l'énergie des électrons qui passent pour pomper des ions hydrogène dans l'espace intermembranaire. Ces ions hydrogène se concentrent dans l'espace intermembranaire et l'ATP synthase peut utiliser ce gradient d'ions hydrogène pour ajouter des groupes phosphate aux molécules d'ADP afin de créer de l'ATP. L'ajout de ces groupes phosphate aux molécules d'ADP est connu sous le nom de "phosphorylation". L'ensemble du processus effectué par la chaîne de transport d'électrons dans les mitochondries est appelé **phosphorylation « oxydative »** car l'oxygène est le dernier accepteur d'électrons en bout de chaîne.
- 3- **Photophosphorylation:** fabrication de l'ATP lors de la photosynthèse [dans la membrane thylakoïde des chloroplastes].

9

Les similitudes de la photophosphorylation avec la phosphorylation oxydative

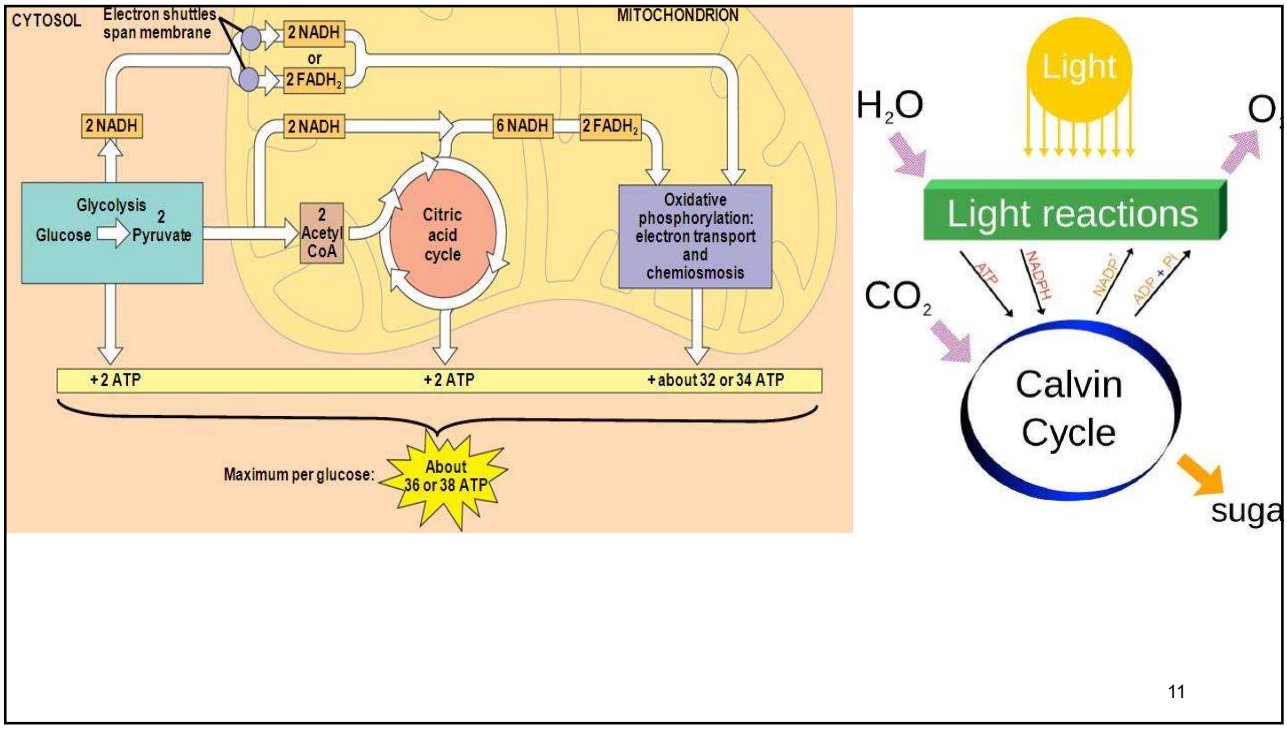
1. une chaîne de transport d'électrons associée à une membrane
2. création d'un gradient de protons
3. récolter l'énergie du gradient de protons en fabriquant de l'ATP à l'aide d'une ATP synthase.

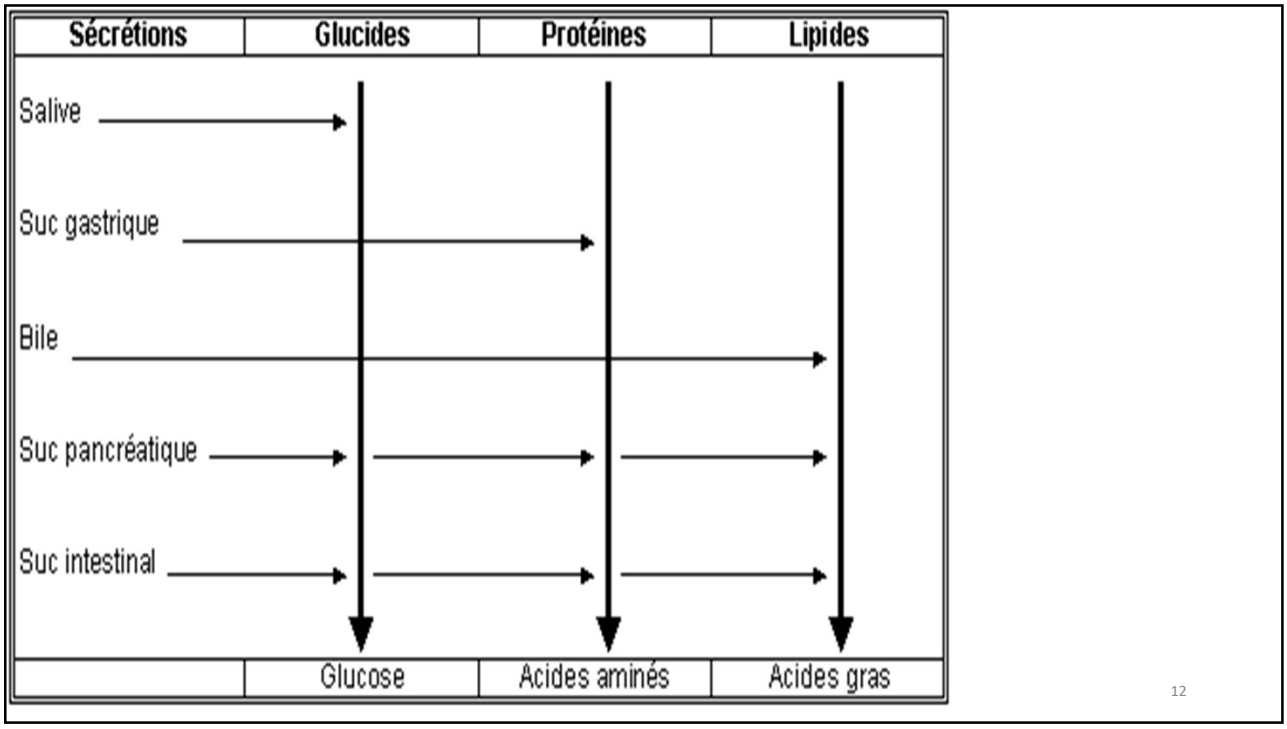
les différences:

1. la source des électrons – H2O pour la photosynthèse versus NADH/FADH2 pour la phosphorylation oxydative
2. direction du pompage des protons - dans l'espace thylakoïde des chloroplastes par rapport à l'extérieur de la matrice de la mitochondrie
3. mouvement des protons lors de la synthèse d'ATP - hors de l'espace thylakoïde dans la photosynthèse par rapport à la matrice mitochondriale dans la phosphorylation oxydative
4. nature de l'accepteur d'électrons terminal – NADP+ dans la photosynthèse versus O2 dans la phosphorylation oxydative.

10

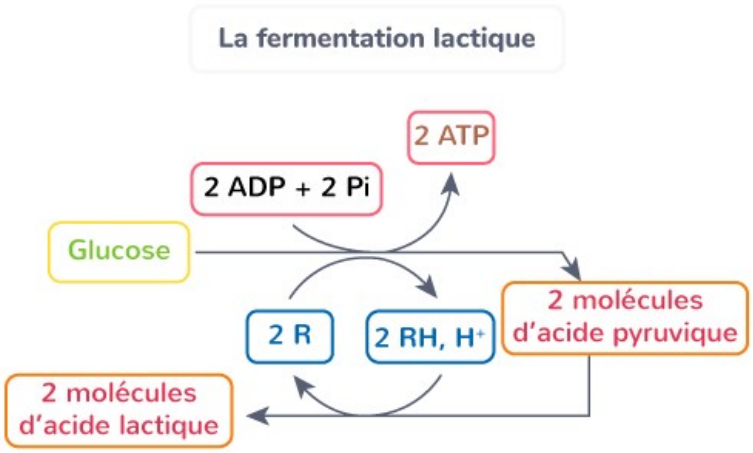
le mouvement des électrons dans les chloroplastes lors de la photosynthèse est opposé à celui du transport des électrons dans les mitochondries. Dans la photosynthèse, l'eau est la source des électrons et leur destination finale est le NADP+ pour fabriquer le NADPH. Dans les mitochondries, NADH/FADH2 sont des sources d'électrons et H2O est leur destination finale.


CYTOSOL
Electron shuttles span membrane
MITOCHONDRION
2 NADH
or
2 FADH2
2 NADH
2 NADH
6 NADH
2 FADH2
Glycolysis
Glucose
2 Pyruvate
2 Acetyl CoA
Citric acid cycle
Oxidative phosphorylation: electron transport and chemiosmosis
+2 ATP
+2 ATP
+ about 32 or 34 ATP
Maximum per glucose:
About 36 or 38 ATP
Light
H2O
O2
Light reactions
ATP
NADPH
NADP+
ADP + Pi
CO2
Calvin Cycle
suga
11

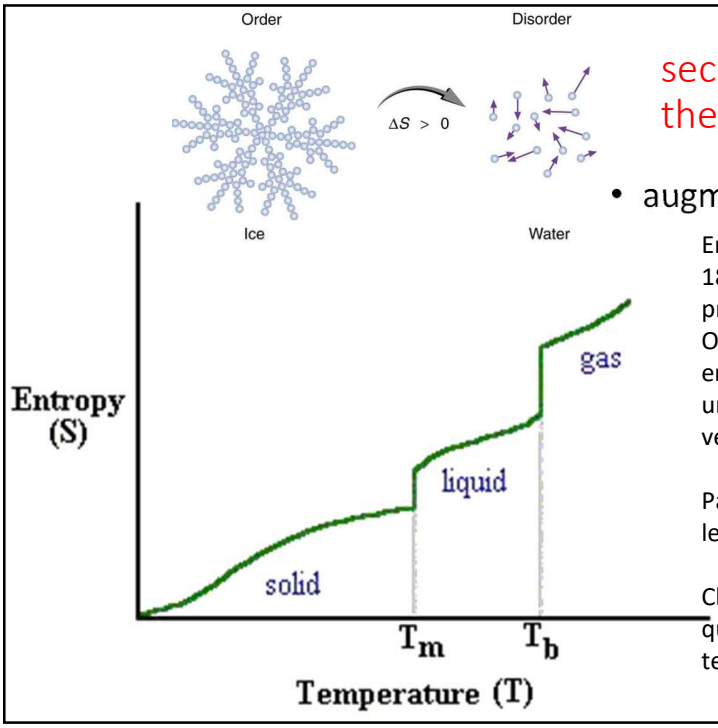

Sécrétions
Glucides
Protéines
Lipides
Salive
Suc gastrique
Bile
Suc pancréatique
Suc intestinal
Glucose
Acides aminés
Acides gras
12

effort musculaire

- La **fermentation lactique** est la transformation de glucose en acide lactique.
- Une molécule de glucose peut être transformée en deux molécules d'acide lactique. Cette transformation permet de libérer un peu d'énergie, par exemple pour la contraction musculaire, sans que l'on ait besoin d'oxygène.
- La fermentation lactique est une réaction chimique pouvant se dérouler en cas de privation d'oxygène dans les cellules musculaires.



13



second principe de la thermodynamique

- augmentation de l'entropie (désordre)

En thermodynamique, l'entropie est introduite en 1865 par Rudolf Clausius dans le cadre du second principe de la thermodynamique.
On mesure le désordre d'un système par son entropie.
un système évolue vers la perte d'information, vers l'entropie (le désordre) maximal.

Par exemple la chaleur va toujours du chaud vers le froid, et pas dans le sens inverse.

Clausius a montré que le rapport Q/T (où Q est la quantité de chaleur échangée par un système à la température T) correspond à l'entropie, S
l'unité est le joule par kelvin (J/K).

14

L'entropie - delta-S

L'entropie peut être considérée comme une mesure du désordre d'un système.

Les organismes vivants sont toujours en guerre avec l'entropie

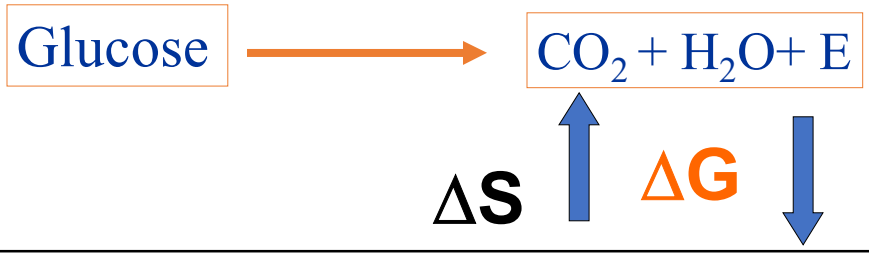
L' énergie libre (delta G)

$\Delta H = \Delta G + T\Delta S$

ΔG : **variation d'énergie libre (disponible pour le travail)**

ΔS : **variation d'entropie (non-disponible pour le travail)**

ΔH : **variation d'enthalpie**



15

L'enthalpie

- *L'**enthalpie** (du préfixe en + du grec thalpein : « chauffer »)*
- *variation d'**enthalpie** permet d'exprimer la quantité de chaleur mise en jeu pendant la transformation à pression constante (isobare) d'un système thermodynamique au cours de laquelle celui-ci reçoit ou fournit un **travail mécanique**.*
- ***Par abus de langage on confond souvent les termes chaleur et enthalpie.***
- *L'enthalpie a la dimension d'une énergie, et s'exprime en **joules** dans le Système International.*

16

1- Réaction exergonique - ΔG est négatif

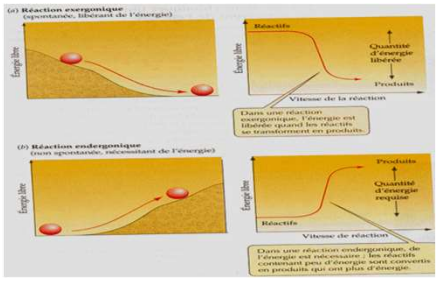
A + B ⟶ C + D

spontané

2- Réaction endergonique - ΔG est positif

A + B ⟵ C + D

Non- spontané



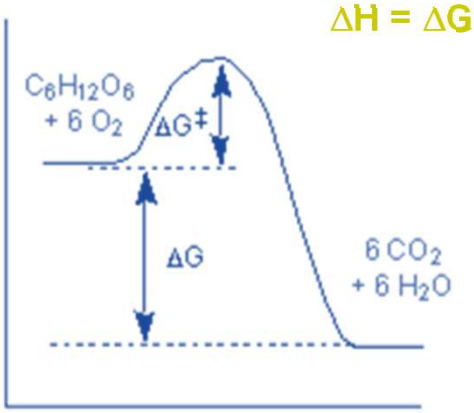
Une réaction endergonique est une réaction chimique nécessitant un apport d'énergie pour pouvoir se réaliser. En biologie, toutes les réactions de l'anabolisme sont endergoniques. Le contraire d'une réaction endergonique est une réaction exergonique.

17

L'entropie - ΔS [delta-S]

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S$$



Glucose ⟶ $CO_2 + H_2O + E$

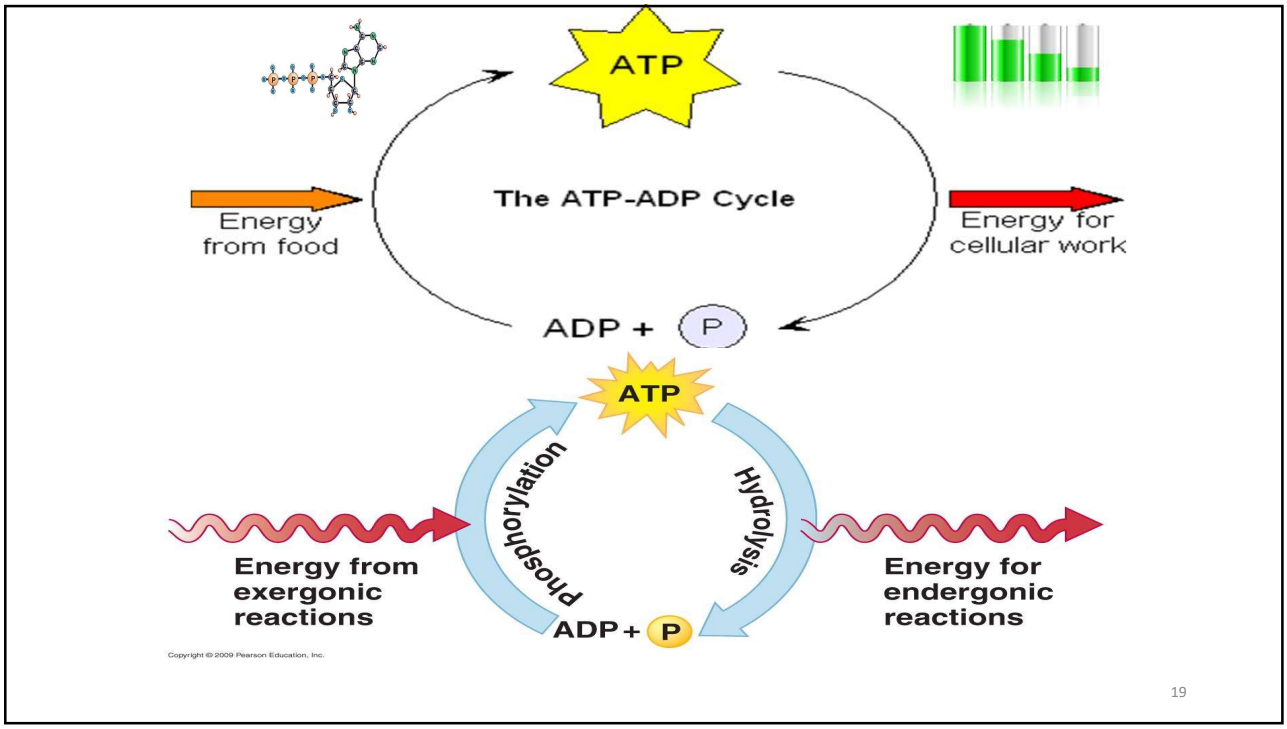
ΔS

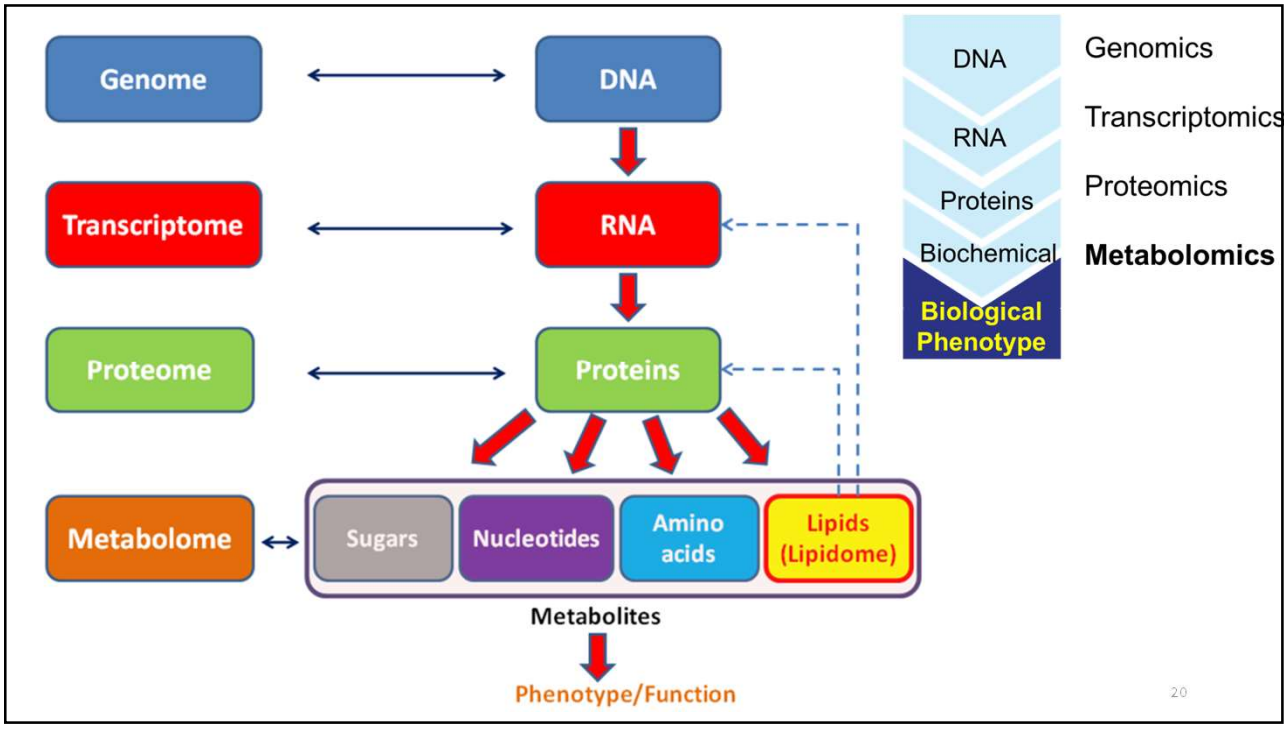
L'entropie - delta-S

ΔG

• L' énergie libre (delta G)

18

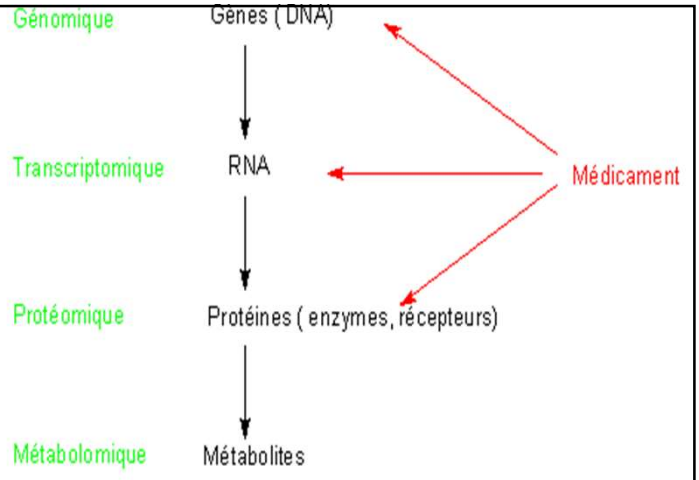

ATP
The ATP-ADP Cycle
Energy from food
Energy for cellular work
ADP + P
ATP
Phosphorylation
Hydrolysis
Energy from exergonic reactions
Energy for endergonic reactions
ADP + P
Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.
19


Genome
DNA
Transcriptome
RNA
Proteome
Proteins
Metabolome
Sugars
Nucleotides
Amino acids
Lipids (Lipidome)
Metabolites
Phenotype/Function
DNA
RNA
Proteins
Biochemical
Biological Phenotype
Genomics
Transcriptomics
Proteomics
Metabolomics
20

métabolome

- Tous les **métabolites d'un métabolome forment un vaste réseau de réactions métaboliques**, où les sorties d'une réaction chimique enzymatique sont des entrées pour d'autres réactions chimiques.
- le **métabolome est sensible au temps** et **beaucoup plus dynamique que le protéome et le génome**.
- Les métabolites, en tant que produits de l'expression génique et de tous les autres processus biologiques, ont un **degré élevé de diversité** dans leurs propriétés chimiques.
- Par exemple, les métabolites ont **une large gamme de poids moléculaires et de grandes variations de concentration**, et les métabolites peuvent être polaires ou non polaires, ainsi que des molécules organiques ou inorganiques.
- En raison de **l'extrême complexité du métabolome,** trois types de **plateformes analytiques** sont actuellement utilisées en métabolomique :

1. ***gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS)***
2. ***liquid chromatography–mass spectrometry (LC–MS)***
3. ***nuclear magnetic resonance (NMR)***



Place de la métabonomique ou métabolomique parmi les autres "omiques

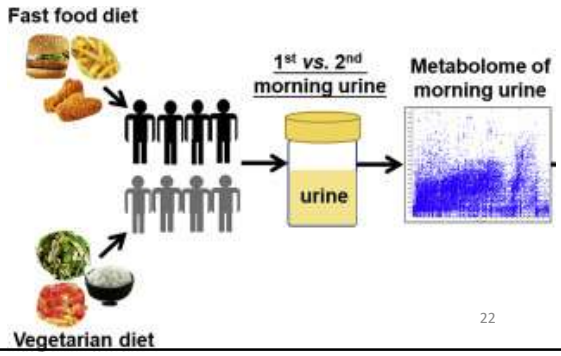
Action du médicament

Etapes successives de la synthèse des protéines et de la formation de métabolites

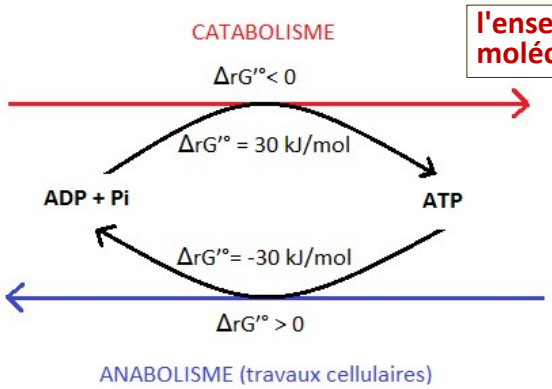
21

métabolomique

- **La métabolomique est l'étude des matières premières et des produits des réactions biochimiques de l'organisme, des molécules plus petites que la plupart des protéines, de l'ADN et d'autres macromolécules.**
- **La possibilité:** est de pouvoir prélever de **l'urine, du sang** ou un autre liquide corporel, le scanner dans une machine et trouver un **profil de dizaines ou de centaines de produits chimiques** qui peuvent **prédire** si un individu est sur la voie d'une **maladie**, par exemple, ou probablement ressentir les effets secondaires d'un médicament particulier.
- **L'urine** humaine **témoigne** du **métabolisme** dans le corps et contient différents métabolites à différentes concentrations. La **métabolomique urinaire** est largement **utilisée** pour la recherche de **biomarqueurs** dans les domaines de la médecine et de la toxicologie.



22



l'ensemble des réactions de dégradations moléculaires de l'organisme.

Réaction exergonique - ΔG est négatif

L' anabolisme est l'utilisation de l'énergie libre pour augmenter la complexité des molécules.

Réactions enderogenique (Non- spontané)

les hormones anabolisantes

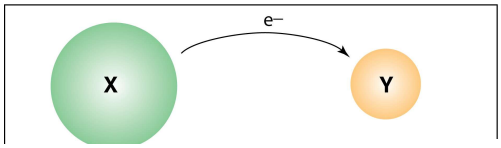
1. **Les œstrogènes** sont un groupe de stéroïdes existant à la fois chez les femmes et les hommes. Ces hormones sont caractéristiques chez la femme puisqu'ils sont l'hormone sexuelle primaire, et sont produits dans les ovaires. Ils régulent les caractéristiques de la femme (hanches, développement de la poitrine) et le cycle menstruel.
2. **La testostérone** est également une hormone stéroïdienne de l'homme et la femme du groupe des androgènes. Comme l'œstrogène l'est à la femme, la testostérone est l'hormone sexuelle de l'homme. Elle est produite à l'intérieur des testicules, elle confère à l'homme ses caractéristiques sexuelles (voix, pilosité) et aide à construire et maintenir la masse musculaire.
3. **L'hormone de croissance** est synthétisée dans l'hypophyse. Au début de la vie, elle stimule et régule la croissance de l'organisme, puis, à l'âge adulte, elle va notamment réguler la réparation osseuse.

23

potentiel redox

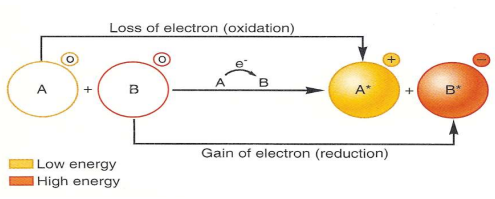
un **agent réducteur = antioxydante**

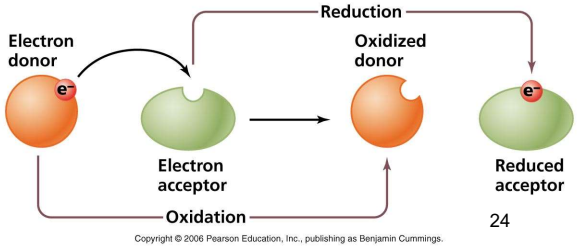
- Un **potentiel rédox positif** signifie qu'une substance est un **agent oxydant**.
- Plus la mesure est élevée, plus elle est oxydante.



agent réducteur : **agent oxydant**

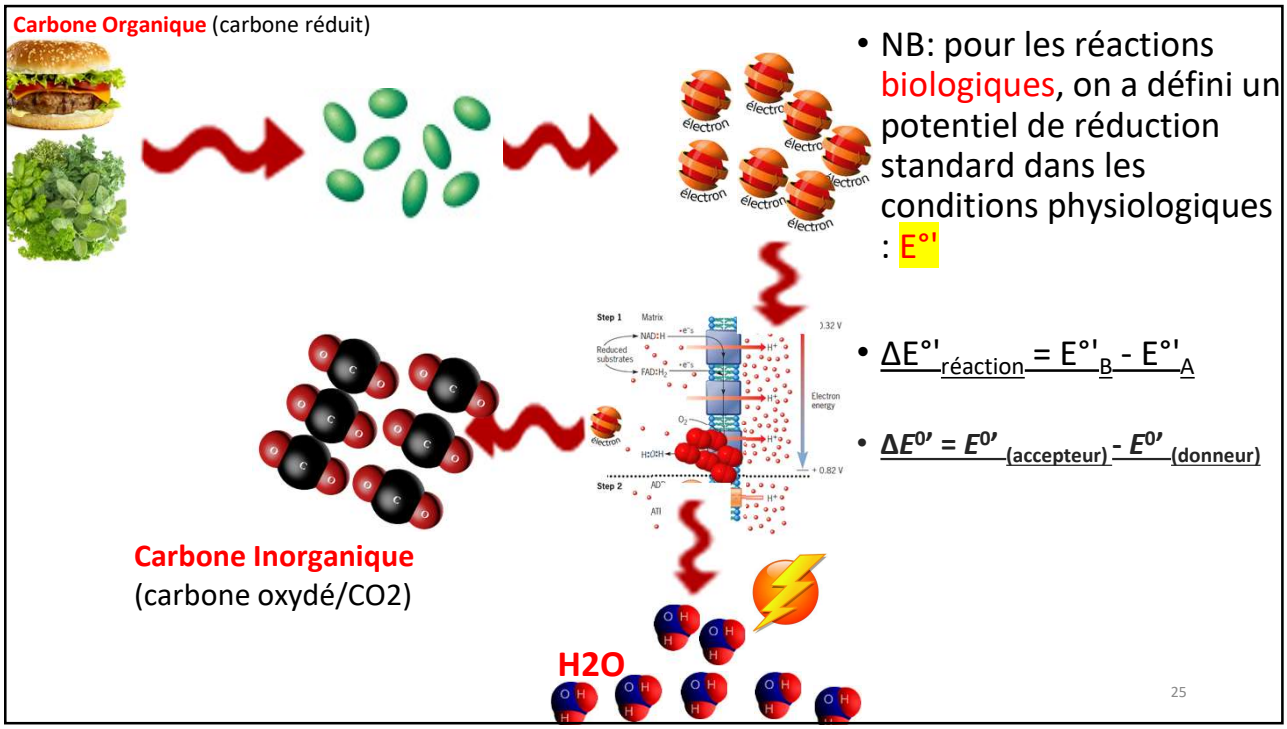
- Un **potentiel rédox négatif** indique qu'une substance est un **agent réducteur**.
- Plus la mesure est basse, plus elle est **antioxydante**.





Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

24



- NB: pour les réactions biologiques, on a défini un potentiel de réduction standard dans les conditions physiologiques : E°'
- $\Delta E°'_{réaction} = E°'_{B} - E°'_{A}$
- $\Delta E^{0\prime} = E^{0\prime}_{(accepteur)} - E^{0\prime}_{(donneur)}$